

## تاثیر چهار شیوه طبخ (مایکروویو، کباب کردن، بخارپز و سرخ کردن) روی اکسیداسیون چربی و ترکیب اسیدهای چرب در ماهی شیر

اسحق زکی پور رحیم آبادی<sup>۱\*</sup>، جمیله بکر<sup>۲</sup>

۱- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۲- استاد گروه تکنولوژی غذایی، دانشگاه UPM مالزی

(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۱۳)

### چکیده

تاثیر حرارت به شیوه های مایکروویو، کباب کردن، بخارپز و سرخ کردن روی محتوای چربی، اکسیداسیون و ترکیب اسیدچرب ماهی شیر بررسی گردید. میزان چربی کل در نمونه خام و نمونه های پخته شده به شیوه های فوق به ترتیب ۲/۳۱، ۴/۰۲، ۲/۶۲، ۳/۶۰ و ۴/۷۷ درصد اندازه گیری گردید. میزان اسیدهای چرب آزاد، عدد پراکساید و تیوباربتوریک اسید در نمونه خام به ترتیب ۴/۳۲ درصد، ۳/۰۰ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم و ۰/۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود. تفاوت معنی دار در میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه خام و نمونه های پخته شده به شیوه کباب کردن، بخارپز کردن و سرخ کردن و همچنین میزان عدد پراکساید بین نمونه های پخته شده و خام مشاهده نگردید. میزان تیوباربتوریک به ترتیب به ۱/۵۸، ۱/۰۹، ۱/۸۰ و ۱/۴۰ میلی گرم در کیلوگرم در نمونه های پخته شده با مایکروویو، کباب کردن، بخار پز و سرخ کردن افزایش یافت. ۲۳ نوع اسیدچرب متفاوت از گروههای SFA، MUFA و PUFA در نمونه ها شناسایی گردیدند. نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ در نمونه خام و نمونه های پخته شده به شیوه های فوق به ترتیب ۰/۸۰، ۰/۸۰، ۰/۷۰، ۰/۷۶ و ۲/۵۹ محاسبه گردید. طبخ به شیوه های مختلف روی محتوای چربی کل، ترکیب اسیدهای چرب و ثبات چربی ماهی تاثیر داشته است. تغییرات صورت گرفته در خصوصیات شیمیایی چربی در جریان طبخ به شیوه های مختلف، در حد قابل قبول بوده و روی کیفیت ماده غذایی تاثیر نداشته است.

کلید واژگان: ماهی شیر، پخت، اکسیداسیون و اسید چرب

### ۱- مقدمه

افزایش است [۲]. آبزیان منبع بسیار مناسبی از پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب ضروری، ویتامینها و مواد معدنی می باشند [۳]. از مجموع کل آبزیان صید شده، حدود ۸۰-۷۵ درصد آن صرف مصارف مستقیم انسانی میگردد. طبق این آمار حدود ۵۲ درصد از صید بصورت تازه و مابقی بصورت منجمد، نمک سود و محصولات کنسروی مورد استفاده قرار می گیرند [۴].

ماهی شیر (*Scomberomorous commerson*) از گونه های با ارزش اقتصادی بالا می باشد. میزان صید جهانی این ماهی در سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ بترتیب ۱۸۶۲۹۱، ۱۹۷۳۶۸، ۲۰۶۷۱۰، ۲۱۷۱۳۷ و ۲۳۵۹۸۵ تن گزارش گردیده است [۱].

مصرف ماهی و سایر آبزیان در جهان به منظور تامین غذا و همچنین فواید آن در حفظ سلامت انسان در حال

\* مسئول مکاتبات: e\_zakipour@yahoo.com

علاوه بر جنبه های غذایی، امروزه مصرف کنندگان به آزیان و محصولات آنها به دیده غذایی برای حفظ سلامت و جلوگیری از بسیاری از بیماریها می نگرند. جوامع اسکیموی گرینلند وجود دارد [5]. امروزه، شناخته شده است که این تاثیرات به واسطه وجود اسیدهای چرب غیر اشباع خانواده امگا-3، یعنی ایکوزاپنتانویک اسید<sup>۱</sup> و دوکوزاهگزانوئیک اسید<sup>۲</sup> در روغن ماهی و سایر آزیان می باشد [6].

مطالعات مربوط به تاثیرات سودمند روغن ماهی در سلامت انسان غالباً<sup>۳</sup> مربوط می شود به اطلاعاتی که از نمونه های خام بدست آمده است. اگرچه در بعضی مناطق ماهی بصورت خام هم خورده می شود ولی روش مرسوم، طبخ ماهی و مصرف آن می باشد. از حرارت برای پختن غذا، افزایش طعم و مزه، غیر فعال کردن میکروارگانیسم های بیماریزا و افزایش عمر نگهداری محصول استفاده می کنند [7]. در فرایند پخت ماهی، واکنشها و تغییرات فیزیکوشیمیایی رخ می دهد، که نوع و میزان آن بستگی به شیوه پخت و محتوای چربی فیله خام دارد [8 و 9]. برخی از تغییرات عمده در خلال عمل آوری و آماده سازی غذاهای پخته شده به سبب اکسیداسیون چربی می باشد، که باعث تغییراتی در کیفیت ماده غذایی می گردد [10 و 11]. چربی نقش کلیدی در ایجاد طعم غذا در خلال عمل آوری از طریق هیدرولیز و اکسیداسیون دارد، که این نقش نیز به میزان زیادی به ترکیب اسیدچرب نمونه بستگی دارد [12].

استفاده از حرارت بالا (۹۵ درجه سانتیگراد به بالا) می تواند سبب از دست رفتن اسیدهای چرب آزاد فرار گردیده و سبب کاهش میزان این ترکیبات گردد [13 و 14]. همچنین حرارت می تواند سبب غیر فعال سازی آنزیم ها و مانع آزاد سازی اسید چرب آزاد در اثر فعالیت آنزیم لیپاز گردد. بعلاوه، در خلال حرارت دهی، شکستن مولکولهای سنگین نظیر فسفو لیپید ها و تری گلیسیرید ها می تواند صورت گرفته و تشکیل اسید چرب آزاد جدید در محصول گردد [15]. حرارت دهی در جریان پروسه پخت سبب انجام تغییراتی نظیر اکسیده شدن چربی در ماده غذایی می گردد [16 و 17]. افزایش در ارزش پراکسید نشان دهنده تشکیل پراکسید ها در جریان پخت می باشد [18]. از طرفی این ترکیبات ناپایدار بوده و به ترکیبات ثانویه اکسیداسیونی تبدیل می گردند، بطوریکه افزایش قابل ملاحظه ای در میزان ترکیبات ثانویه اکسیداسیونی در جریان پخت به شیوه های مختلف در ماهیان مشاهده گردیده است .

عموما برای پخت ماهیان از شیوه های حرارت خشک ( سرخ کردن در ماهی تابه معمولی و سرخ کردن در ماهی تابه های گود و کباب کردن)، حرارت مرطوب ( آب پز کردن و بخار پز کردن) و یا روش ترکیبی ( شیوه های پخت با شعله ملایم) استفاده میگردد [19]. در ایران هم برای پخت ماهی بیشتر از شیوه سرخ کردن در ماهی تابه معمولی، کباب کردن، قلیه ماهی ، آب پز و بخار پز کردن و همچنین آون های مایکروویو استفاده می گردد.

در این تحقیق تاثیر چهار شیوه طبخ (پخت با استفاده از مایکروویو، کباب کردن، بخار پز کردن و سرخ کردن) روی اکسیداسیون و ترکیب اسیدهای چرب ماهی شیربه منظور بررسی و تمایز تاثیرات آنها در کیفیت ماده غذایی مورد مطالعه قرار گرفته اند.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- تهیه نمونه ماهی و آماده سازی اولیه

برای انجام آزمایش هفت ماهی با وزن متوسط ۲۱۰۰ گرم و طول متوسط ۶۵ سانتی متر انتخاب گردیدند. ماهیان خریداری شده بلافاصله به آزمایشگاه (آزمایشگاه شیلات دانشکده صنایع غذایی و تکنولوژی دانشگاه پوترای مالزی UPM) منتقل شده و پس از شستن با آب شیر، جدا کردن سر، تخلیه شکمی و شست و شوی مجدد به قطعات با ضخامت ۲ سانتی متری بریده شدند. بخشی از نمونه ها بعنوان نمونه خام (شاهد) و بقیه پس از پخت به روشهای مختلف، مورد آنالیز قرار گرفتند. (تمامی آزمایشات، با سه بار تکرار انجام گردیدند).

### ۲-۲- روشهای پخت

- برای مایکروویو، از دستگاه مایکروویو (پاناسونیک با مشخصات: مدل NN-K573MF با قدرت بالا و ۲۴۵۰ MHZ)، استفاده گردید و نمونه ها به مدت ۴ تا ۵ دقیقه پخت گردیدند [8]. - برای کباب کردن، از دستگاه الکتریکی استفاده شده و نمونه ها به مدت ۱۳ تا ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد کباب گردیدند [20].

- برای بخار پز کردن، نمونه ها به مدت ۱۲ تا ۱۴ دقیقه در داخل دستگاه بخارپز خانگی قرار داده شدند [21]. - نمونه ها در روغن پالم ( حرارت داده شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه) به مدت ۵ دقیقه در ماهی تابه

از طرح کاملاً تصادفی و آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA one way) در نرم افزار مینی تب برای انجام طرح و آنالیز داده ها استفاده شده و برای مقایسه میانگین ها در مواردی که اختلاف معنی دار وجود داشت از تست Tukey استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

میزان چربی کل در نمونه های خام ماهی شیر حدود ۲/۳۱ درصد اندازه گیری گردید. این نتایج با نتایج بدست آمده محققین قبلی در مورد میزان چربی کل در ماهی شیر مطابقت دارد [۲۷-۲۹]. میزان چربی کل، پس از پخت با دستگاه مایکروویو، به شیوه کباب کردن، بخارپز و سرخ کردن به ترتیب به ۴/۰۲، ۲/۶۲، ۳/۶۰ و ۴/۷۷ درصد تغییر یافت. نتایج مشابهی در مورد تاثیر پخت به شیوه های مختلف بر محتوای چربی کل بدست آمده است [۹، ۸ و ۲۰]. نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه های خام و طبخ شده با شیوه های گوناگون در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ تاثیر پخت به شیوه های مختلف روی اکسیداسیون

چربی

ماهی شیر	شیوه پخت				TBA (mg/kg)
	نمونه خام	مایکروویو	کباب کردن	بخار پز	
چرب آزاد (درصد)	۴۳ <sup>b</sup> ±۰/۰۰	۵۲ <sup>a</sup> ±۰/۱۴	۴۳ <sup>b</sup> ±۰/۱۶	۳۹۳ <sup>b</sup> ±۰/۲۸	۲۸۳ <sup>b</sup> ±۰/۰۶
پراکساید ولیو	۳۰۰ <sup>b</sup> ±۰/۰۵	۲۷۷ <sup>b</sup> ±۰/۲۵	۳۷۳ <sup>b</sup> ±۰/۳۳	۲۵۸ <sup>b</sup> ±۰/۱۸	۳۸۴ <sup>a</sup> ±۰/۱۴
(meq/kg)	۰/۳۰ <sup>b</sup> ±۰/۰۴	۱/۵۸ <sup>a</sup> ±۰/۰۸	۱/۰۹ <sup>b</sup> ±۰/۱۰	۱/۸۰ <sup>a</sup> ±۰/۰۷	۱/۴۰ <sup>b</sup> ±۰/۲۰

حروف انگلیسی کوچک در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار

در سطح ۰/۰۵ درصد می باشند

میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA)، عدد پراکساید (PV) و TBA در نمونه خام ماهی به ترتیب ۴/۳۲ درصد، ۳/۰۰ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم و ۰/۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. تفاوت معنی داری بین میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه خام و نمونه های پخته شده به شیوه کباب کردن، بخارپز کردن و سرخ کردن مشاهده نگردید، اگرچه در شیوه اول میزان FFA اندکی افزایش و در دو شیوه دیگر این میزان اندکی کاهش نشان داد. در شیوه پخت با مایکروویو این میزان بطور

معمولی سرخ گردیدند (در متن این شیوه تحت عنوان سرخ کردن آورده شده است) [۲۰]. اسیدهای چرب عمده در روغن پالم عبارت بودند از: اسید پالمیتیک (۳۷/۳۲ درصد، C16:0)، اسید اولئیک (۴۳/۲۸ درصد، C18:1 n9) و اسید لینولئیک (۱۲/۱۸ درصد، C18:2 n6).

### ۳-۲- استخراج چربی و آنالیزهای شیمیایی

چربی کل نمونه ها به شیوه استخراج با محلول (کلروفرم و متانول) بر اساس روش بکار برده شده توسط کینسلا<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۱۹۷۷ [۲۲]، با اندک تغییرات داده شده توسط کیم<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۲ استخراج گردید [۲۳]. اندازه گیری مقدار اسیدهای چرب آزاد<sup>۳</sup>، عدد پراکساید<sup>۴</sup> و مقدار تیوباربتوریک اسید<sup>۵</sup> بترتیب توسط روشهای بکار برده شده توسط کوکز و رد<sup>۶</sup> (۱۹۶۶)، پوریم<sup>۷</sup> (۱۹۹۵) و کیم (۱۹۹۲) صورت گرفت [۲۳-۲۵].

### ۴-۲- آنالیز اسیدهای چرب

تهیه متیل استرهای اسیدهای چرب با استفاده از روش تیمز<sup>۸</sup> (۱۹۷۸) انجام گردید [۲۶]. برای آنالیز اسید های چرب از دستگاه گاز کروماتوگراف (مدل HP سری ۶۸۹۰) استفاده گردید. ستون مورد استفاده SGE bpx 5 غیر قطبی (۵۰ متر طول و ۰/۲۲ میلی متر قطر داخلی) بوده و اسیدهای چرب به وسیله دتکتور FID شناسایی گردیدند.

شناسایی ترکیبات اسیدهای چرب بوسیله مقایسه با RT (Retention time) استانداردهای شناخته شده انجام گردید. (شرایط دستگاه گاز کروماتوگرافی به شرح ذیل بوده است: دمای قسمت انجکتور ۲۵۰ درجه سانتیگراد، دمای قسمت دتکتور ۲۶۰ درجه سانتیگراد بوده و برنامه دمایی آن گاز کروماتوگراف به قرار زیر بوده است: دمایی اولیه آن ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ دقیقه بود که سپس به ۱۴۰ درجه سانتیگراد (با نرخ ۵ درجه سانتیگراد در دقیقه) افزایش یافت و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما باقی مانده و سپس به ۲۵۰ درجه افزایش یافت (با نرخ ۵ درجه سانتیگراد در دقیقه) و ۱۰ دقیقه در آن دما باقی ماند. از گاز هلیوم بعنوان گاز حمل کننده استفاده نموده که سرعت جریان آن ۳۰ میلی لیتر در دقیقه بوده است.

1. Kinsella
2. Kim
3. Free fatty acid
4. Peroxide value
5. Thiobarbituric acid
6. Cocks & Rede
7. PORIM
8. Timms

جدول ۲ تائیر پخت به شیوہ های متفاوت روی ترکیب اسید های چرب ماهی شیر (گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب)

شیوہ پخت					
اسیدهای چرب	نمونه خام	مایکروبو	کباب	بخار پز	سرخ کردن
C14:0	۳/۰۸ <sup>b</sup> ± ۰/۰۴	۳/۸۵ <sup>a</sup> ± ۰/۱۶	۳/۸۰ <sup>a</sup> ± ۰/۰۵	۳/۸۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۵	۲/۳۶ <sup>c</sup> ± ۰/۰۸
C14:1	۱/۲۴ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۱/۴۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۵	۱/۴۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۱/۴۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۰/۶۵ <sup>c</sup> ± ۰/۰۲
C15:0	۵/۱۳ <sup>d</sup> ± ۰/۰۰	۶/۰۵ <sup>a</sup> ± ۰/۱۵	۵/۳۴ <sup>c</sup> ± ۰/۰۴	۵/۵۸ <sup>b</sup> ± ۰/۰۵	۲/۳۵ <sup>e</sup> ± ۰/۰۱
C16:0	۳۲/۶۹ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۳۰/۲۶ <sup>c</sup> ± ۰/۷۱	۳۰/۶۹ <sup>c</sup> ± ۰/۱۸	۳۰/۳۸ <sup>c</sup> ± ۰/۲۶	۳۶/۴۴ <sup>a</sup> ± ۰/۶۶
C16:1	۱/۶۳ <sup>d</sup> ± ۰/۰۰	۱/۸۸ <sup>a</sup> ± ۰/۰۳	۱/۶۸ <sup>c</sup> ± ۰/۰۱	۱/۸۰ <sup>b</sup> ± ۰/۰۲	۰/۸۷ <sup>e</sup> ± ۰/۰۱
C17:0	۰/۶۹ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۰	۰/۷۸ <sup>a</sup> ± ۰/۰۸	۰/۶۲ <sup>b</sup> ± ۰/۰۰	۰/۶۹ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۳	ND
C17:1	۱/۶۴ <sup>d</sup> ± ۰/۰۱	۱/۷۲ <sup>c</sup> ± ۰/۰۱	۱/۸۰ <sup>b</sup> ± ۰/۰۲	۱/۸۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	۰/۸۸ <sup>e</sup> ± ۰/۰۱
C18:0	۰/۵۵ <sup>d</sup> ± ۰/۰۱	۰/۶۵ <sup>b</sup> ± ۰/۰۰	۰/۶۰ <sup>c</sup> ± ۰/۰۱	۰/۶۸ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	ND
C18:1 n9 t	۰/۶۸ <sup>b</sup> ± ۰/۰۲	۰/۷۹ <sup>a</sup> ± ۰/۰۰	۰/۶۹ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۰/۷۸ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	ND
C18:1 n9 c	۰/۹۰ <sup>c</sup> ± ۰/۰۲	۱/۱۷ <sup>b</sup> ± ۰/۰۲	۱/۱۳ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۱/۱۵ <sup>b</sup> ± ۰/۰۰	۶/۷۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۳
C18:2 n6 c	۱۶/۳۱ <sup>b</sup> ± ۰/۰۴	۱۵/۸۶ <sup>c</sup> ± ۰/۱۳	۱۴/۳۲ <sup>c</sup> ± ۰/۱۰	۱۵/۱۴ <sup>d</sup> ± ۰/۰۶	۳۱/۰۳ <sup>a</sup> ± ۰/۲۵
C20:0	۳/۲۳ <sup>b</sup> ± ۰/۰۷	۳/۶۰ <sup>a</sup> ± ۰/۱۰	۳/۶۰ <sup>a</sup> ± ۰/۱۷	۳/۴۷ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۳	۲/۵۴ <sup>c</sup> ± ۰/۰۵
C18:3 n3	۱۰/۱۷ <sup>b</sup> ± ۰/۰۲	۹/۸۴ <sup>c</sup> ± ۰/۱۳	۱۰/۸۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۴	۱۰/۸۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۷	۷/۱۰ <sup>d</sup> ± ۰/۰۸
C20:2 n6	۰/۴۷ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۰/۴۷ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۰/۵۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۰	۰/۵۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۰	ND
C22:0	۲/۳۸ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۲/۳۱ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۵	۲/۲۹ <sup>b</sup> ± ۰/۰۳	۲/۲۶ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۱/۱۰ <sup>c</sup> ± ۰/۰۳
C20:3 n6	۲/۰۱ <sup>c</sup> ± ۰/۰۲	۲/۱۸ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۵	۲/۲۴ <sup>a</sup> ± ۰/۰۳	۲/۱۲ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۰/۸۹ <sup>d</sup> ± ۰/۰۲
C20:3 n3	ND	ND	۰/۰۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	ND	ND
C20:4 n6	۰/۷۳ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۱/۰۱ <sup>a</sup> ± ۰/۱۲	۰/۸۵ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۲	۱/۰۵ <sup>a</sup> ± ۰/۱۵	۰/۵۳ <sup>b</sup> ± ۰/۰۳
C23:0	ND	ND	۰/۴۲ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	ND	ND
C22:2	۰/۵۲ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	۰/۵۶ <sup>a</sup> ± ۰/۰۶	۰/۶۰ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	۰/۶۰ <sup>a</sup> ± ۰/۰۱	۰/۴۲ <sup>b</sup> ± ۰/۰۳
C24:0	۱/۸۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۱/۷۵ <sup>a</sup> ± ۰/۰۹	۱/۸۳ <sup>a</sup> ± ۰/۰۶	۱/۸۱ <sup>a</sup> ± ۰/۰۶	۰/۸۱ <sup>b</sup> ± ۰/۰۳
C20:5 n3	۱۳/۴۱ <sup>a</sup> ± ۰/۰۹	۱۳/۰۵ <sup>a</sup> ± ۰/۶۹	۱۳/۳۱ <sup>a</sup> ± ۰/۳۱	۱۳/۰۳ <sup>a</sup> ± ۰/۳۹	۵/۴۲ <sup>b</sup> ± ۰/۲۲
C22:6 n3	۰/۷۶ <sup>b</sup> ± ۰/۰۱	۰/۸۴ <sup>ab</sup> ± ۰/۰۸	۱/۱۶ <sup>a</sup> ± ۰/۰۲	۱/۰۴ <sup>a</sup> ± ۰/۱۶	ND
ΣSFA	۴۹/۵۷	۴۹/۲۳	۴۹/۱۶	۴۸/۶۹	۴۵/۵۸
ΣMUFA	۶/۰۸	۶/۹۸	۶/۷۲	۷/۰۰	۹/۰۳
ΣPUFA	۴۴/۳۶	۴۳/۷۹	۴۴/۱۳	۴۴/۳۲	۴۵/۳۹
n-6/n-3	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۷۶	۲/۵۹

ND: تشخیص داده نشد. حروف انگلیسی کوچک در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ درصد می باشند

(MUFA) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) در نمونه های مختلف ماهی شیر شناسایی گردیدند. این اسیدهای چرب جزء اسیدهای چرب با زنجیره طویل بین ۱۴ تا ۲۴ کربن می باشند. نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به اسیدهای چرب امگا-۳ (n-6/n-3) به عنوان شاخصی برای بررسی ارزش غذایی نسبی روغن ماهی در ماهیان مختلف بطور مقایسه ای استفاده می گردد [۳۰]. بیشترین تاثیر روی ترکیب اسیدهای چرب ماهی در نمونه های سرخ شده مشاهده گردید. در این نمونه ها مقدار اسیدهای چرب نظیر: پالمیتیک (C16:0)، اولئیک (C18:1 n-9 c) و لینولئیک اسید (C18:2 n-6 c) بطور قابل ملاحظه ای پس از سرخ کردن افزایش یافته و در عوض میزان اسید های چربی نظیر: پنتادکانوئیک (C15:0)،

معنی داری افزایش نشان داد. اختلاف معنی داری در میزان عدد پراکساید بین نمونه های پخته شده و خام مشاهده نگردید، اگرچه این اختلاف بین شیوہ های پخت معنی دار بوده است. بیشترین میزان عدد پراکساید، به ترتیب در نمونه های سرخ شده و کباب شده مشاهده گردید. تفاوت های معنی داری (۰/۰۵ < P) در میزان TBA بین نمونه های پخته شده مشاهده شد. بیشترین میزان آن به ترتیب در نمونه های پخته شده به شیوہ مایکروبو و بخارپز مشاهده گردید. در جدول شماره ۲، ترکیب اسیدهای چرب نمونه های خام و پخته شده به شیوہ های متفاوت آورده شده است. ۲۳ نوع اسید چرب متفاوت از گروه های: اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسید های چرب غیر اشباع با یک بند دوگانه

مقایسه با شیوه های پخت فاقد روغن می گردد. البته بحث انتقال محدود روغن از نمونه ماهی به محیط نیز مطرح است. مطالعات نشان داده اند که میزان جذب روغن در ماهیان کم چرب در خلال پخت به شیوه سرخ کردن بیشتر از ماهیان پرچرب بوده و این امر به واسطه محتوای کمتر آب در گروه دوم می باشد.

پخت به شیوه های مختلف روی هیدرولیز و اکسیداسیون چربی تاثیر گذار می باشد. در خلال پخت، چربیها تحت تاثیر اکسیداسیون حرارتی قرار میگیرند که سرعت از اکسیداسیون در نمونه های خام می باشد [۱۶]. از آنجائیکه اکثریت اسیدهای چرب چند غیر اشباعی در گوشت ماهی از نوع اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ هستند در نتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز آنها میتواند در کیفیت غذا تاثیر داشته باشد [۳۳]. میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه های پخته شده به شیوه مایکروویو و کباب کردن به ترتیب به میزان ۱۲۰ و ۱۰۴ درصد در مقایسه با نمونه خام افزایش نشان داد که البته این افزایش فقط در نمونه های مایکروویو معنی دار بوده است. در نمونه های بخار پز و سرخ شده میزان اسیدهای چرب آزاد، به ترتیب ۳/۹۳ و ۳/۷۳ درصد بوده که نسبت به نمونه خام کاهش نشان دادند. بیان گردیده است که از دست رفتن اسید های چرب آزاد فرار در خلال حرارت دهی در دماهای بالا و همچنین غیر فعال شدن آنزیم ها می تواند دلیل کاهش اسید های چرب آزاد باشد [۱۴]. در عوض شکستن مولکولهای سنگین نظیر فسفو لیپید ها و تری گلیسیرید ها، عامل ایجاد اسید های چرب آزاد جدید و افزایش میزان آن عنوان گردیده است [۱۳ و ۱۴]. اختلاف معنی دار در میزان پراکساید در نمونه های سرخ شده نسبت به نمونه خام، بیانگر اکسیداسیون چربی در نمونه های فوق می باشد. در نمونه های کباب شده (۳/۱۳ میلی اکی والان گرم بر کیلو گرم)، اختلاف معنی داری در میزان پراکساید با نمونه خام (۳/۰۰ میلی اکی والان گرم بر کیلو گرم) مشاهده نگردید. این مقدار در نمونه های مایکروویو (۲/۶۷ میلی اکی والان گرم بر کیلو گرم) و بخارپز شده (۲/۵۸ میلی اکی والان گرم بر کیلو گرم)، اندکی کمتر بود که این مسئله با توجه به افزایش میزان تیوباربتوریک اسید می تواند بیانگر ادامه روند اکسیداسیون و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیونی در این نمونه ها باشد.

بیشترین میزان تیوباربتوریک اسید در نمونه های پخته شده به شیوه مایکروویو به میزان ۲۶۳ درصد در مقایسه با نمونه خام

لینولنیک (C18:3 n-3) و ایکوزاپنتانویک اسید (C20:5 n-3) کاهش یافت. نسبت اسید های چرب امگا-۶ به اسیدهای چرب امگا-۳ در نمونه های پخته شده به این شیوه نیز به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته که بیانگر افزایش میزان اسیدهای چرب امگا-۶ در نتیجه کاهش غلظت سایر اسید های چرب پس از سرخ کردن نمونه ها گردید. در تمامی نمونه های پخته شده به استثناء نمونه های سرخ شده همانند نمونه های خام، اسیدهای چرب اشباع غالب بوده و بعد از آن اسیدهای چرب چند غیر اشباعی قرار داشتند و نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع به اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (SFA/PUFA) در نمونه های خام و پخته بیشتر از ۱ بوده است و این در حالیست که سرخ کردن تغییر قابل ملاحظه ای در ترکیب گروههای اسید چرب ایجاد کرده و نسبت SFA/PUFA در آنها مساوی ۱ گردیده است. تمام شیوه های پخت بطور معنی داری روی محتوای DHA تاثیر گذاشتند. تغییرات معنی داری در میزان EPA در نمونه های پخته شده به شیوه مایکروویو، کباب کردن و بخارپز مشاهده نگردید و فقط کاهش معنی داری ( $P < 0.05$ ) در میزان این اسید چرب در نمونه های سرخ شده ثبت گردید. کمترین میزان اسیدهای چرب EPA و DHA در نمونه ای سرخ شده ثبت گردید. نتایج تحقیقات هافمن و همکارانش<sup>۱</sup> (۱۹۹۴) و گارسیا-اریاز و همکارانش<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) تائید کننده این مطلب می باشد [۳۱ و ۸].

بر اساس تقسیم بندی ماهیان مبنی بر محتوای چربی در قسمتهای خوراکی بدن، ماهی شیر جزء ماهیان کم چرب بحساب می آید [۳۲]. تغییرات ناشی از بکار گیری حرارت در طبخ ماهی شیر به شیوه های مختلف، مشابه نتایج بدست آمده می باشد [۹، ۸ و ۲۰]. بطور کل پخت سبب از دست رفتن رطوبت ماده غذایی بصورت بخار شدن می گردد که این امر سبب افزایش میزان چربی کل (محاسبه شده بر اساس وزن تر) و همچنین سایر ترکیبات می گردد، که این امر در اکثر شیوه های پخت مشهود است. از طرفی مقداری از چربی ماده غذایی نیز در برخی از روشهای پخت نظیر آب پز کردن و بخار پز می تواند به محیط پخت مهاجرت کرده که این امر سبب کاهش میزان چربی نمونه ها می گردد. در مورد شیوه سرخ کردن، وضعیت تا حدودی متفاوت است به نحوی که فضاها خالی شده در اثر از دست رفتن آب توسط روغن سرخ کردنی جایگزین شده که سبب افزایش قابل توجه میزان روغن در

## ۴- نتیجه گیری کلی

تغییرات صورت گرفته در خصوصیات شیمیایی چربی در جریان طبخ به شیوه های مختلف، در حد قابل قبول بوده و روی کیفیت ماده غذایی تاثیر ندارد. سطح قابل قبول میزان عدد پراکساید (PV) و TBA را به ترتیب ۸ میلی اکی والان گرم بر کیلو گرم و ۷ تا ۸ میلی گرم مالون الدئید بر کیلو گرم بیان گردیده است [۳۵].

چربیها از جمله ترکیبات مهم مواد غذایی بوده که در جریان عمل آوری دچار تغییرات فیزیکی شیمیایی می گردند. اکسیداسیون چربی ها و همچنین هیدرولیز لیپیدها از جمله عوامل تاثیر گزار بر کیفیت آبزیان بوده و سبب تغییرات در بو و طعم آنها می گردند. این مسئله در

مورد روغن ماهی، به واسطه دارا بودن اسید های چرب غیر اشباع بلند زنجیره با باندهای دوگانه متعدد و تاثیرات عمیق آن در سلامت

انسان و همچنین آمادگی شدید آن برای اکسید شدن، با اهمیت بیشتری مورد مطالعه قرار می گیرد. روشهای پخت ذکر شده، در کل سبب کاهش محتوای اسیدهای چرب خانواده امگا-۳ نگردیده و می توانند با اطمینان مورد استفاده فرار گیرند. در مورد شیوه سرخ کردن با توجه به نفوذ اسیدهای چرب خانواده امگا-۶، نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ افزایش نشان داده است. با توجه به تنوع روغن های موجود در بازار پیشنهاد می گردد که از روغنهای دارای امگا-۶ بالا برای سرخ کردن ماهی خصوصا در مورد ماهیان کم چرب کمتر استفاده گردد زیرا این امر سبب تغییر در نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ گردیده و تاثیرات مثبت ناشی از مصرف ماهی را می کاهد.

## ۵- منابع

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2006. FAO yearbook of fishery statistics. Vol. 1,2. Rome, Italy.
- [2] Tidwell, J. H. and Allan, G. L. , 2001. Fish as food: Aquaculture's contribution, ecological and economic impacts and contributions of the farming and capture fisheries. European Molecular Biology Organization. Vol. 2, No. 11, pp.958-963.
- [3] Delgado, C.; Rosegrant, M.; Wada, N.; Meijer, S. and Ahmad, M. , 2002. Fish as

مشاهده گردید که نشانگر افزایش تولید محصولات ثانویه اکسیداسیونی می باشد.

از نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ به عنوان یک شاخصه کیفی در بررسی کیفیت روغن ماهی استفاده میگردد. اگر چه تاثیر پخت به شیوه های مختلف روی ترکیب بیشتر اسیدهای چرب معنی دار بوده است ولی با توجه به شاخصه های کیفی اندازه گیری شده، این تغییرات در نمونه های پخته شده به شیوه های مایکروویو، کباب کردن و بخار پز تعیین کننده نبوده است. نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳، در نمونه های خام و نمونه های پخته شده به شیوه های مایکروویو، کباب کردن و بخارپز زیر ۱ می باشد که نشانگر عدم تاثیر پخت روی میزان و غلظت این دو گروه از اسیدهای چرب چند غیر اشباعی می باشد. در حالیکه در نمونه های سرخ شده این نسبت به میزان ۳ برابر افزایش نشان داد. علت این امر وجود اسیدهای چرب از خانواده امگا-۶ به میزان زیاد در روغن سرخ کردنی می باشد. روغن پالم استفاده شده در این آزمایش دارای مقادیر زیاد اسیدهای چرب پالمیتیک (۳۷/۳۲٪)، اولئیک (۴۳/۲۸٪) و لینولئیک (۱۲/۱۸٪) بوده است. نفوذ این اسید های چرب به داخل بافت نمونه در خلال فرایند سرخ کردن به همراه تبخیر مقداری از محتوای آب نمونه سبب افزایش محتوای این اسیدهای چرب در نمونه شده که بالطبع اثرکاهش دهنده در محتوای سایر اسیدهای چرب داشته است. این امر سبب افزایش محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع با یک باند دوگانه و همچنین اسیدهای چرب چند غیر اشباعی و کاهش محتوای اسیدهای چرب اشباع در نمونه های سرخ شده گردید. یافته های مشابهی البته با استفاده از سایر روغنهای گیاهی گزارش گردیده است [۹، ۳۴ و ۸]. در بررسی اکسیداسیون چربی ماهی در خلال پروسه طبخ-انجماد-حرارت دهی مجدد، از شاخصه نسبت C22:6/C16:0 نیز استفاده گردیده است [۸]. کاهش مقدار این شاخصه بیانگر وقوع فرآیند اکسیداسیون در خلال طبخ می باشد. نتایج بدست آمده حاکی از عدم کاهش این نسبت در جریان چهار شیوه طبخ (بخارپز، مایکروویو، کباب کردن و سرخ کردن) در ماهی شیر بوده است. دلیل این امر را می توان کاهش مقدار اسید پالمیتیک (C16:0) در جریان طبخ و همچنین عدم تاثیر پذیری محتوای DHA بیان نمود.

- [14] Al-Saghir, S.; Thurner, K.; Wagner, K.H.; Frisch, G.; Luf, W.; Razzazi- Fazeli, E. and Elmadfa, I. , 2004. Effects of different cooking procedure on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). Journal of Agriculture and Food Chemistry. Vol. 52, pp.5290-5296.
- [15] Gallardo, J. M.; Aubourg, S. and Pérez-Martín, R. , 1989. Lipid classes and their fatty acids at different loci of albacore (Thunnus alalunga): effects of the pre-cooking. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 37, pp.1060-1064.
- [16] Fogerty, A. C.; Whitfield, F. B.; Svoronos, D. and Ford, G.L. , 1990. Changes in the composition of the fatty acids and aldehydes of meat lipids after heating. International Journal of Food Science and Technology. Vol. 25, pp.304-312.
- [17] Saghir, S.; Wagner, K. H. and Elmadfa, I. , 2005. Lipid oxidation of beef fillets during braising with different cooking oil. Meat Science. Vol. 71, pp.440-445.
- [18] Rodríguez, A.; Carriles, N.; Cruz, J. M. and Aubourg, S, P. , 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5 °C). LWT- Food Science and Technology. Vol. 41, No. 9, pp.1726 -1732.
- [19] Resurreccion, A. V. A., 1994. Cookery in muscle food. In: Muscle foods, meat, poultry and seafood technology. (Ed. Donald M. Kinsman., Anthony W. Kotula and Burdette C. Breidenstein). Chapman and Hall, New York, USA. pp. 406-430.
- [20] Gokoglu, N.; Yerlikaya, P. and Cengiz, E. , 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry. Vol. 84, pp.19-22.
- [21] Puwastien, P.; Judprasong, K.; kettwan, E.; Vasanachitt, K.; Nakngamanong, Y. and Bhattacharjee, L., 1999. Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. Journal of Food Composition and Analysis. Vol. 12, pp.9-16.
- [22] Kinsella, J. E.; Shimp, J. L.; Mai, J. and Weihrauch, J. , 1977. Fatty acid content and composition of fresh water finfish. Journal of the American Oil Chemist's Society. Vol. 54, pp. 424-429.
- [23] Kim, L. L., 1992. Extraction of lipids. In: Laboratory manual of analytical methods and procedures for fish and fish products. (Ed. food: Projections to 2020 under different scenarios. Markets and Structural Studies Division, International Food Policy Research Institute. Washington, D.C, USA. 29P.
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004. FAO yearbook of fishery statistics. Vol. 1,2. Rome, Italy.
- [5] Dyerberg, J. and Bang, H.O. , 1979. Homostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. Lancet. Vol. 2, pp.433-435.
- [6] Uauy-Dagach, R. and Alfonso, V. , 1996. Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids. Nutrition Reviews. Vol. 54, pp.102-108.
- [7] Bongar, A. , 1998. Comparative study of frying to the other cooking techniques. Influence on the nutritive value, Grasasy Aceites. Vol. 49, pp.250-260.
- [8] García-Arias, M.T.; Álvarez Pontes, E.; García-Linares, M. C.; García- Fernández, M. C. and Sánchez-Muniz, F. J. , 2003. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid composition. Food Chemistry. Vol. 83, pp.349-356.
- [9] Gall, K. L.; Otwell, W. S.; Koburger, J. A. and Appledorf, H. , 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. Journal of Food Science. Vol. 48, pp.1068-1073.
- [10] Shahidi, F. , 1997. Assessment of lipid oxidation and off-flavour development in meat and meat products. In: Flavour of meat and meat products. (Ed. F. Shahidi). Chapman and Hall, London, UK. pp.247-266.
- [11] Jittrepotch, N.; Ushio, H. and Ohshima, T. , 2006. Oxidative stabilities of triacylglycerol and phospholipids fractions of cooked Japanese sardine meat during low temperature storage. Food Science. Vol. 99, pp.360-367.
- [12] Gandemer, G., 2002. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. Meat Science. Vol. 62, No. 3, pp.309-321.
- [13] Chantachum, S.; Benjakul, S. and Sriwirat, N. , 2000. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. Food Chemistry. Vol. 69, pp.289-294.

- [31] Hoffman, L. C.; Prinsloo, J. F.; Casey, N. H. and Theron, J., 1994. Effects of five cooking methods on the proximate, fatty acid and mineral composition of fillets of the African sharp-tooth catfish, *Clarias gariepinus*. Die SA Tydskrif vir Voedselwetenskap en Voeding. Vol. 6, No. 4, pp.146-152.
- [32] Kent, M.; Alexander, L. and Christie, R. H. , 1992. Seasonal variation in the calibration of a microwave fat: water content meter for fish flesh. International Journal of Food Science and Technology. Vol. 27, pp.137-143.
- [33] Ingemansson, T.; Pettersson, A. and Kaufmann, P. , 1993. Lipid hydrolysis and oxidation related to astaxanthin content in light and dark muscle of frozen stored rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Food Science. Vol. 58, No. 3, pp.513-517.
- [34] Ågren, J. J. and Hänninen, O. , 1993. Effects of cooking on the fatty acids of three fresh water fish species. Food Chemistry. Vol. 46, No. 4, pp.377-382.
- [35] Huss, H. H. , 1988. Fresh fish quality and quality changes. FAO. Rome, Italy.
- Katsutoshi Miwa and Low Su Ji). C-2. Singapore: Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- [24] Cocks, L.V. and Rede, C.V. , 1966. Laboratory handbook of oil and fat analysis. Academic Press, London, UK. 419P.
- [25] PORIM., 1995. Determination of Peroxide Value. Methods of test for palm oil and palm oil products. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Malaysia.
- [26] Timms, R. E., 1978. Artefact peaks in the preparation and gas liquid chromatographic determination of methyl esters. Australian Journal of Dairy Technology. Vol. 33, pp.4-6.
- [27] Yaroslavtseva, L.D. , 1966. Technochemical properties of some Indian Ocean fish. Rybone Khozyajstvo. Vol. 42, No. 1, pp.60-64.
- [28] Bykov, V.P., 1985. Marine fish fisheries. Balkema, Rotterdam: Russian translation series 7, A-A. pp.215-219.
- [29] Osman, H.; Suriah, A. R. and Law, E. C. , 2001. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. Food Chemistry. Vol. 73, pp.55-60.
- [30] Pigott, G. M. and Tucker, B. W., 1990. Seafood: effects of technology on nutrition. New York: Marcel Dekker, Inc, pp. 221-228.



## Effects of four cooking methods (microwave, grilling, steaming and Shallow fat frying) on lipid oxidation and fatty acid composition of *Scomberomorous commerson*

Zakipour Rahimabadi, E. <sup>1\*</sup>, Bakar, J. <sup>2</sup>

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, 98615-538 Zabol, Iran

2- Department of Food Technology, Faculty of Food Science and Technology, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang, Malaysia

(Received: 87/12/10 Accepted:88/8/13)

The effect of microwave, grilling, steaming and shallow fat frying was evaluated on lipid content and oxidation and also fatty acid composition in *S. commerson*. Total lipid content was 2.31, 4.02, 2.62, 3.60 and 4.77 % for raw and microwave cooked, grilled, steamed and shallow fat fried samples, respectively. The FFA, PV and TBA content was 4.32 %, 3.00 meq/kg and 0.60 mg/kg in raw samples. There was no significant difference in FFA content between raw sample and grilled, steamed and fried samples and also in PV content between raw and cooked samples. The TBA content increased to 1.58, 1.09, 1.80 and 1.40 mg/kg in microwave cooked, grilled, steamed and shallow fat fried samples, respectively. 23 different fatty acids were found of SFA, MUFA and PUFA groups. The n-6/n-3 ratio was 0.80, 0.80, 0.70 and 0.76 for raw and microwave cooked, grilled, steamed samples, respectively and significantly increased to 2.59 in fried samples. Cooking by different methods affects on total lipid content, fatty acid profile and the lipid stability of fish samples. The changes on chemical characteristics of fish lipid by different cooking methods were in acceptable range and were not detrimental on fish quality.

**Keywords:** *S. commerson*, cooking, lipid oxidation and fatty acid

---

\*Corresponding Author E-Mail address: [e\\_zakipour@yahoo.com](mailto:e_zakipour@yahoo.com)